

# Geodätischer Raumbezug von GNSS-Messungen – Der Beitrag des BKG zur Realisierung 2016

Yüksel Altiner und James Perlt

## Zusammenfassung

Geodätische Netze bilden die Grundlage der amtlichen Vermessung und somit der georeferenzierten Daten. Sie werden nicht nur aus tektonischen Punktbewegungen, sondern auch aus technischen und wissenschaftlichen Entwicklungen nach Notwendigkeit in zeitlichen Abständen aktualisiert. Im Rahmen der Erneuerungsarbeiten des Deutschen Haupthöhennetzes wurden im Jahr 2008 GNSS-Messungen auf 250 Stationen des geodätischen Grundnetzes durchgeführt. Für die Auswertung der GNSS-Daten waren die Rechenstellen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie in Frankfurt am Main und des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen in Hannover zuständig. Das primäre Ziel der Auswertung der GNSS-Daten war die Bestimmung von 3D-kartesischen Koordinaten im IGS05 mit einer Genauigkeit von unter 2 mm in der Lage und 5 mm in der Höhe.

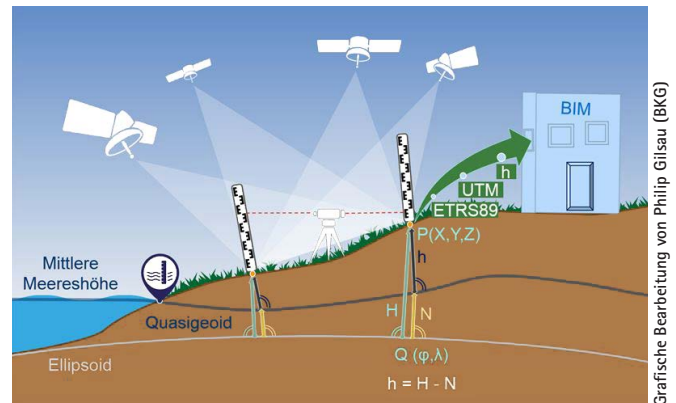
## Summary

*Geodetic networks form the basis for official surveying and thus georeferenced data. They are updated as required at intervals not only due to the tectonical point movements, but also by technical and scientific developments. Within the context of the renewal work of the German Main Height Network, GNSS measurements were carried out in 2008 on 250 stations of the geodetic basic network. For the processing of data, the data evaluation centers of the Federal Agency for Cartography and Geodesy in Frankfurt am Main and the Lower Saxonian State Office for Geoinformation and Land Survey in Hannover were responsible. The primary goal of the processing of the GNSS data was the determination of 3D Cartesian coordinates in the IGS05 with an accuracy of less than 2 mm in location and 5 mm in height.*

**Schlüsselwörter:** DHHN, Raumbezug, Georeferenzierung, ETRS89/DREF91, BIM

## 1 Einleitung

Die zunehmende Mobilität der Menschen und Waren erfordern neue Methoden für die Planungs- und Bauprozesse der Infrastruktur und der städtebaulichen Entwürfe, wobei die Digitalisierung bei der Umsetzung von Vorhaben eine bedeutende Rolle spielt. Das Ministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat 2015 zur Erhöhung der Bauqualität und zur Herabsetzung der Baukosten einen Stufenplan eingeführt, um die Bereitstellung eines digitalen Zwillings des Bauvorhabens, gekürzt BIM (Building Information Modelling) genannt, ab 2020



Grafische Bearbeitung von Philip Gilsau (BKG)

Abb. 1: Die Geoidundulation ( $N$ ) ergibt sich aus der relativen Differenz zwischen den ellipsoidischen ( $H$ ) und nivellistischen Höhen ( $h$ ) und bildet die Beziehung zu den physikalischen Höhen der Stationen. Flächenkoordinaten (Breite ( $\varphi$ ) und Länge ( $\lambda$ )) bzw. die Abbildung UTM des ETRS89 sowie die physikalischen Höhen sind die Basiselemente für die Georeferenzierung der Geoinformationen.

als Standard für alle zu planenden Bauprojekte im Infrastrukturbereich einzusetzen. Solche Planungen sind auf eine geographische Definierung der äußeren Geometrie der Erdoberfläche angewiesen. Zur Beschreibung der äußeren Geometrie der Erdoberfläche in einem 2D-Riemannschen Raum werden neben den Flächenkoordinaten auch die Größen der physikalischen Höhen benötigt (Heitz 1988, Altiner 1999). Flächenkoordinaten bzw. die Abbildung UTM (Universal Transverse Mercator Projection) des ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) sowie die physikalischen Höhen sind die Basiselemente für die Georeferenzierung der Geoinformationen, die bei den Digitalisierungs- und Visualisierungsprozessen der infrastrukturellen Entwicklung in Deutschland Anwendung finden. Die Abb. 1 zeigt die Zusammenhänge zwischen den Flächenkoordinaten und physikalischen Höhen.

Das DHHN92 (Deutsches Haupthöhennetz 1992) basiert auf Nivellements, die nahezu vier Jahrzehnte alt sind. Daher hat das Plenum der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV) im Jahr 2005 beschlossen, das Deutsche Haupthöhennetz (DHHN) in den Jahren von 2006 bis 2011 zu erneuern. Zu den Arbeiten zählten Nivellements, GNSS-Messungen (Global Navigation Satellite Systems) auf 250 Stationen des geodätischen Grundnetzes (GGN) in unmittelbarer Nähe zu den Nivellementslinien 1. Ordnung sowie absolute Schwere-messungen auf ca. 100 Stationen (Heckmann et al. 2015, Feldmann-Westendorff et al. 2017, Riecken und Kurtenbach 2017). Für die Auswertung der GNSS-Daten waren die Rechenstellen des Bundesamtes für

Tab. 1: Bisherige Realisierungen der Referenzrahmen aus GNSS-Messungen für das amtliche Vermessungswesen in der Bundesrepublik Deutschland

Messkampagne	Koordinaten im IGS/ITRF Literatur	Referenzrahmen Realisierung
1991: Das Deutsche Referenznetz – DREF91 (GPS)	ITRF91 (Epoche 1991,3) Lindstrot, W., 1999	ETRS89/DREF91 Realisierung 1994 (R1994)
2002: Diagnoseausgleichung SAPOS® (GPS)	ITRF2000 (Epoche 2002,8) Altiner, Y., 2005	ETRS89/DREF91 Realisierung 2002 (R2002)
2008: DHHN-GNSS (GPS und GLONASS)	IGS05 (Epoche 2008,5) in Vorbereitung, 2018	ETRS89/DREF91 Realisierung 2016 (R2016)

Kartographie und Geodäsie in Frankfurt am Main (BKG) und des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen in Hannover (LGLN) zuständig.

Das primäre Ziel der Auswertung der GNSS-Daten war die Bestimmung von 3D-kartesischen Koordinaten im

IGS05 mit einer Genauigkeit von unter 2 mm in der Lage und 5 mm in der Höhe. In Tab. 1 werden die bisherigen Realisierungen der Referenzrahmen aus GNSS-Messungen für das amtliche Vermessungswesen in der Bundesrepublik Deutschland zusammengestellt.

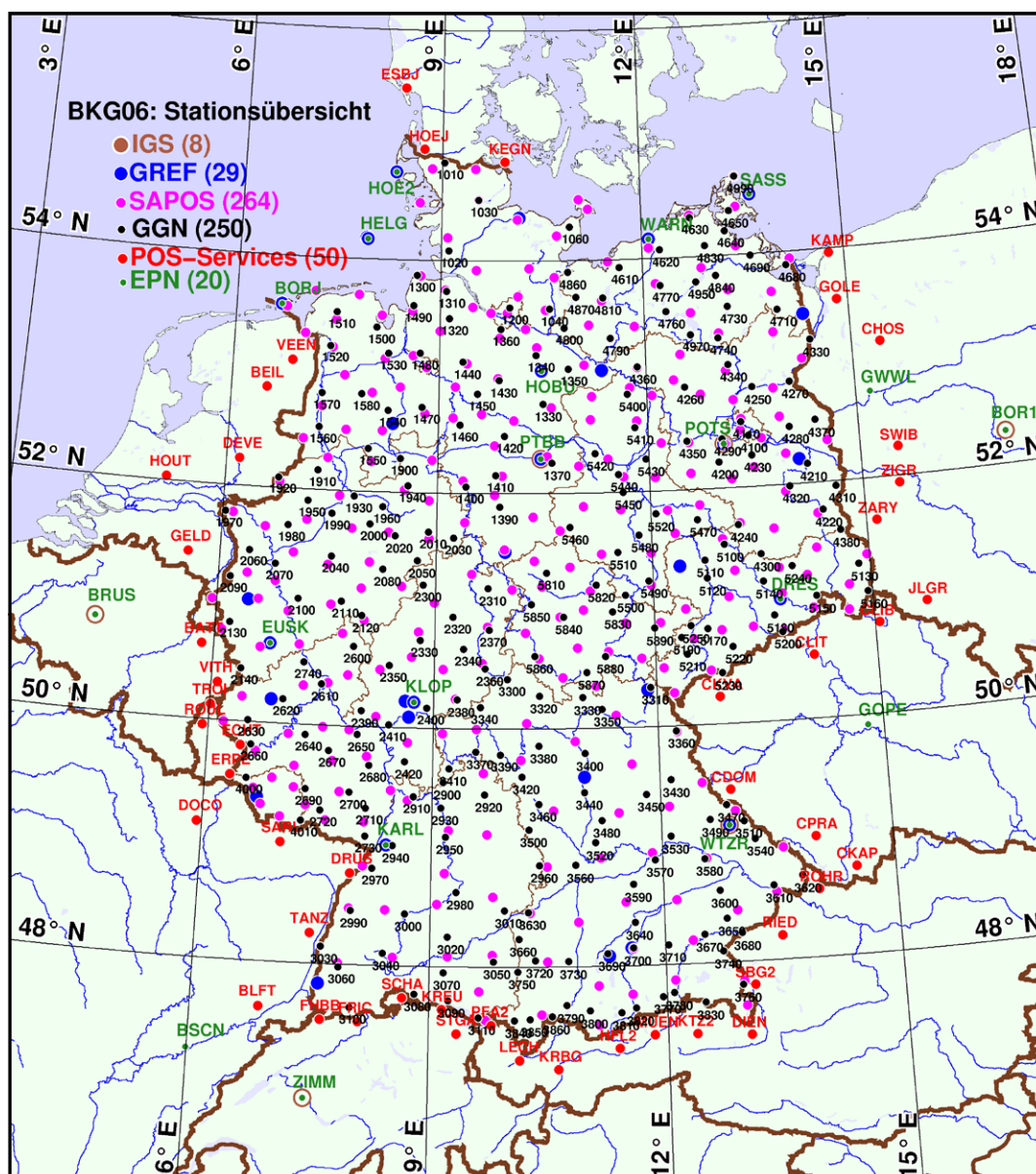


Abb. 2:  
Übersicht und Lage von 601 Stationen, die für die individuelle Kampagnenlösung des BKG benutzt wurden. Die endgültige Lösung entstand durch die Kombination beider individuellen Kampagnenlösungen des BKG und LGLN. Die Stationen GRAS und MATE befinden sich außerhalb des geografischen Dehnungsbereiches der Abbildung. Die IGS-, ITRF- und EPN-Stationen (grün) wurden für die Koordinatenkonvertierung vom IGS05 ins ITRF2005 benutzt, um danach die geschätzten Koordinaten über ETRF2000 zur amtlichen Realisierung »ETRS89/DREF91« zu überführen.

## 2 DHHN-GNSS-Messungen

Gemäß des Beschlusses »AK RB 06/16« der AdV wurde für die Vorbereitung und Durchführung der GNSS-Kampagne eine Projektgruppe (Task Force GNSS) gebildet. Diese Projektgruppe bestand aus den Mitgliedern Uwe Feldmann-Westendorff (+) (LGLN, NI), Dr. Gerhard Schlosser (LAIv, MV), Manuel Schwarz (LAIv, MV) und Sven Wolfram (LVerGeo, ST).

Die GNSS-Kampagne des GGN von 250 Stationen wurde vom 25. Mai 2008 (DoY 146) bis 4. Juni 2008 (DoY 186) unter Beteiligung von 34 Trupps in 18 Sessions durchgeführt. Jede Session dauerte zwei volle Tage und jeder Punkt wurde mindestens an zwei Sessions mit Leica- und Trimble-Geräten beobachtet. 112 Stationen wurden zusätzlich entweder mit einer Leica- oder Trimble-Ausrüstung zum dritten Mal gemessen (Abb. 2). Für die Messungen kamen 17 Leica- und 17 Trimble-Ausrüstungen zum Einsatz. Die individuellen absoluten Phasenzentrumsvariationen der in der Messkampagne eingesetzten Antennen (34 Antennen und 2 Reserve) wurden vor Beginn der Kampagne durch die Firma Geo++ GmbH in Garbsen sowie durch die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung in Berlin nach dem Roboterverfahren bestimmt. Zur präzisen Ablesung der Antennenhöhe wurde ein spezielles Höhenmessadaptersystem (ANA100B) eingesetzt. Während des Beobachtungszeitraums befanden sich die Sonnenaktivitäten im Minimum des elfjährigen Sonnenzyklus. Die Konvertierung der 1 Hz-Rohdaten ins RINEX-Format (V. 2.10) erfolgte mit der Software WarINEX (Wanninger 2017). Die 1 Hz-RINEX-Daten wurden später zum Vergleich der Lösungen mit unterschiedlichen Datenintervallen durch das LGLN auf 30 Sekunden ausgedünnt.

In der abschließenden Phase der Auswertung wurden zusätzlich zu den Daten der gemessenen 250 Stationen des GGN auch die Daten der verfügbaren Stationen der Satellitenpositionierungsdienste in Deutschland (SAPOS®) und den Nachbarländern (POS-Services) sowie die Daten von Stationen von GREF-, EPN-, ITRF- und IGS-Netzen in das GGN hinzugefügt. Insgesamt standen die Daten von 601 Stationen zur Verfügung (Abb. 2).

## 3 Datenauswertung

Das BKG und das LGLN (zuvor LGN) wurden durch den AK Raumbezug (AK RB 07/14) für die Auswertung der Daten beauftragt. Die Datenauswertung beim BKG erfolgte mit der Bernese GNSS Software, Version 5.0 (Dach et al. 2007), während das LGLN zu diesem Zweck das Softwarepaket GNNET (Version PostProc 1.4.0.9) von Geo++ GmbH benutzte. Nach der Vereinbarung beider Rechenstellen wurden für die Auswertung die präzisen Bahndaten des IGS für GPS (JPL) und GLONASS (CDDIS) sowie für die ozeanische Auflast das Modell »FES2004« eingesetzt (Lyard et al. 2006). Die Elevationsmaske der

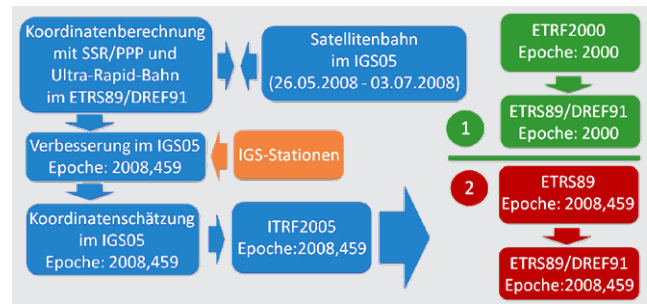


Abb. 3: Rechenschritte der BKG-Lösung. Die Näherungskoodinaten vom SSR/PPP-Ansatz wurden erst mit Hilfe von sieben IGS-Stationen verbessert. Die freien Netzlösungen des BKG und LGLN im IGS05 wurden zu einer Kampagnenlösung kombiniert und über 20 identische Stationen, deren Lage in der Abb. 1 gezeigt wurde, ins ITRF2005 konvertiert. Die Koordinatenberechnung im ETRS89/DREF91 erfolgte nach dem Rechenschritt 1 (Grün).

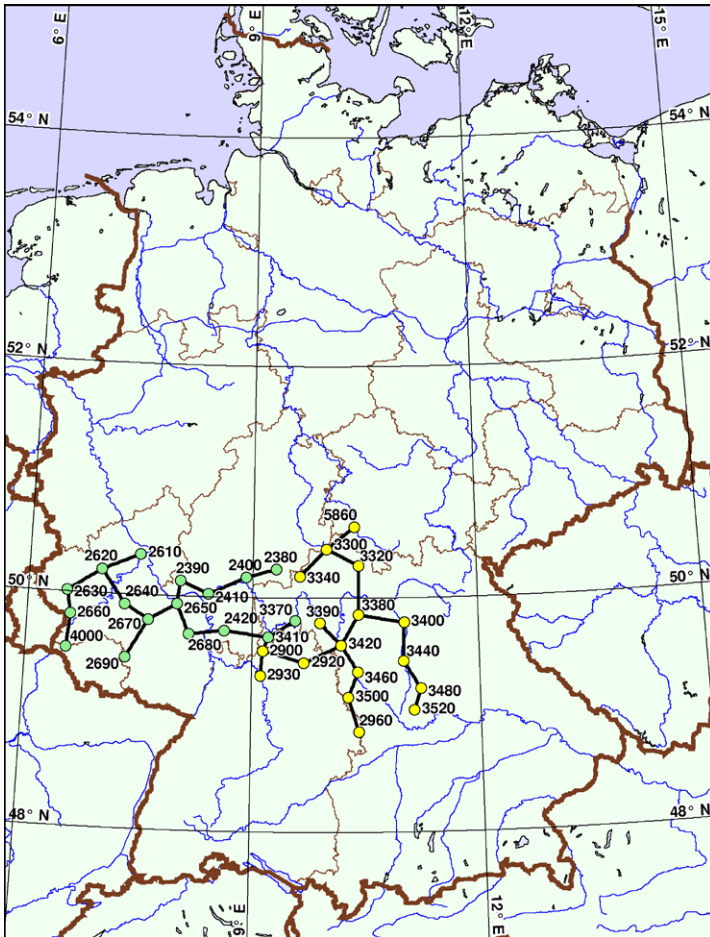
Beobachtungen beträgt 5°. Beim BKG wurden zuerst die gemessenen Daten der GGP mit den Daten von sieben IGS-Stationen (BOR1, BRUS, GRAS, MATE, POTS, WTZR und ZIMM) gemeinsam ausgewertet, um die Qualität der Näherungskoodinaten zu verbessern, welche während der Prüfung der Datenqualität aus dem SSR/PPP-Ansatz (State Space Representation/Precise Point Positioning) abgeleitet wurden. Hierzu wurde der Fokus darauf gelegt, dass die Differenz zwischen den geschätzten und den näherungsweise eingeführten Koordinaten der Stationen unter 2 cm bleibt, um eine einwandfreie Aufdeckung der sogenannten Cycle-Slips zu ermöglichen. Die endgültige Koordinatenschätzung erfolgte mit der ionosphärenfreien Linearkombination L3 innerhalb der einzelnen Sessions, welche dann entsprechend zu einer individuellen Gesamtlösung in der Rechenstelle BKG kombiniert wurden (Abb. 3).

## 4 Auswertungsstrategie

Zur Vermeidung von empfänger- und antennenabhängigen Systematiken wurde in jeder Session ein Netz aus Basislinien mit Stationen gleichen Empfängertyps gebildet. Die beiden Netze wurden dann mit einer einzigen möglichst kurzen Basislinie zwischen den Leica- und Trimble-Netzen verknüpft (Abb. 4). Zur Qualitätskontrolle wurde das GGN (250 Stationen) mit 30-Sekunden-Daten von GPS und GNSS (GPS plus GLONASS) getrennt ausgewertet. Zusätzlich wurde die Auswertung des GGN nur mit 1 Hz-Daten von GNSS wiederholt. Die Lösungen der Phasenmehrdeutigkeiten für alle Sessions der o. a. Berechnungen des GGN liegen über 90 % und die Genauigkeit der geschätzten Basislinien variiert zwischen 0,5 und 1,5 mm.

Die Daten von GLONASS-Satelliten haben in diesem Fall zu keiner signifikanten Verbesserung bei den geschätzten Koordinaten geführt (Abb. 5). Die horizontalen Differenzen liegen unter 1 mm, während die Differenz für die Höhe bis zu 2 mm erreicht. Dies lag einerseits an der



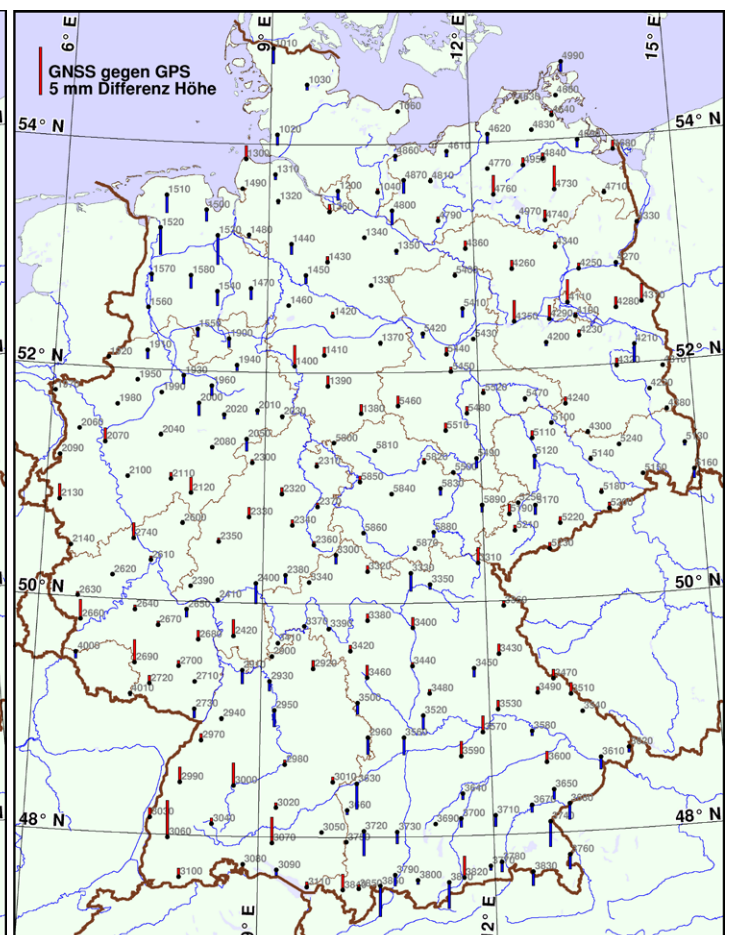
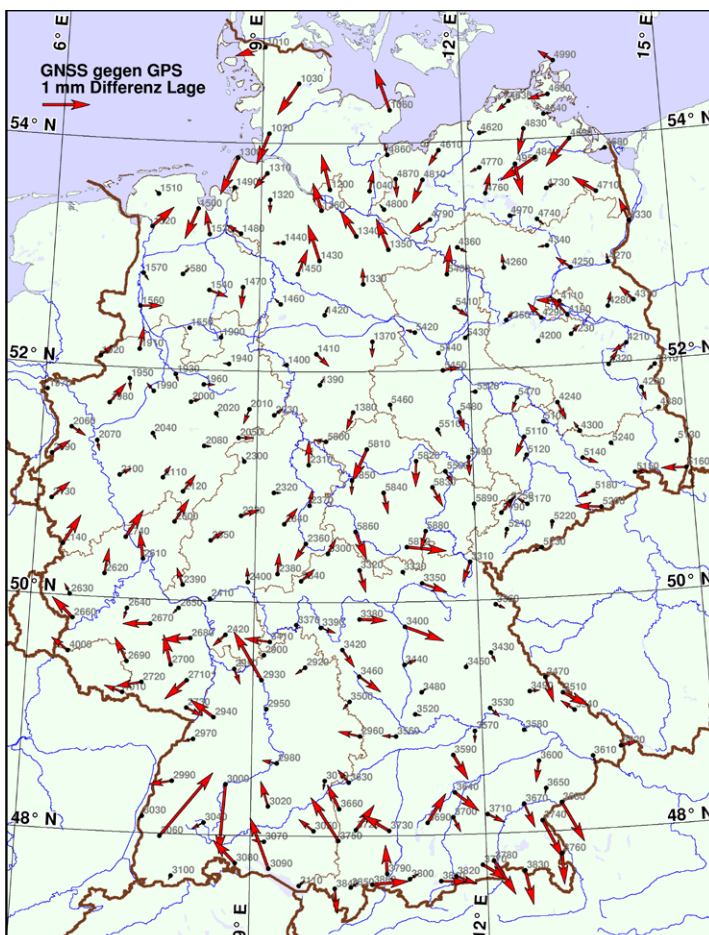


geringen Anzahl der GLONASS-Satelliten sowie an der Genauigkeit der vorhandenen GLONASS-Bahndaten während der Messperiode der GNSS-Kampagne. Diese Kondition der GLONASS-Satelliten erschwerte insbesondere die Lösung der Phasenmehrdeutigkeiten für die Basislinien länger als 200 km.

Die Auswertung der Daten mit einem Intervall von einer Sekunde führte ebenfalls nicht zu einer signifikanten Verbesserung der Genauigkeit der Stationskoordinaten gegenüber der Koordinatenschätzung mit dem Datenintervall von 30 Sekunden (Abb. 6). Der Unterschied zwischen den beiden Lösungen blieb im Durchschnitt unter 1 mm. Der Grund hierfür liegt einerseits an der hohen Anzahl der beobachteten Satelliten pro Epoche sowie an der langen Dauer einer Beobachtungssession (24 h), die zur erheblichen Erhöhung der

◀ Abb. 4: Beispiel zur Verknüpfung der benachbarten Leica- (Grün) und Trimble-Netze (Gelb) innerhalb einer Session (Session 1760)

↓ Abb. 5: Differenzen zwischen den zwangsfreien Lösungen des GGN, die einerseits nur mit GPS und andererseits mit GNSS-Daten (GPS und GLONASS) ermittelt wurden. Für die Lage liegen die Differenzen unter 1 mm (links) und für die Höhe unter 2 mm (rechts). Diese Analyse erfolgte implizit mit den Daten des 30-Sekunden-Intervalls.



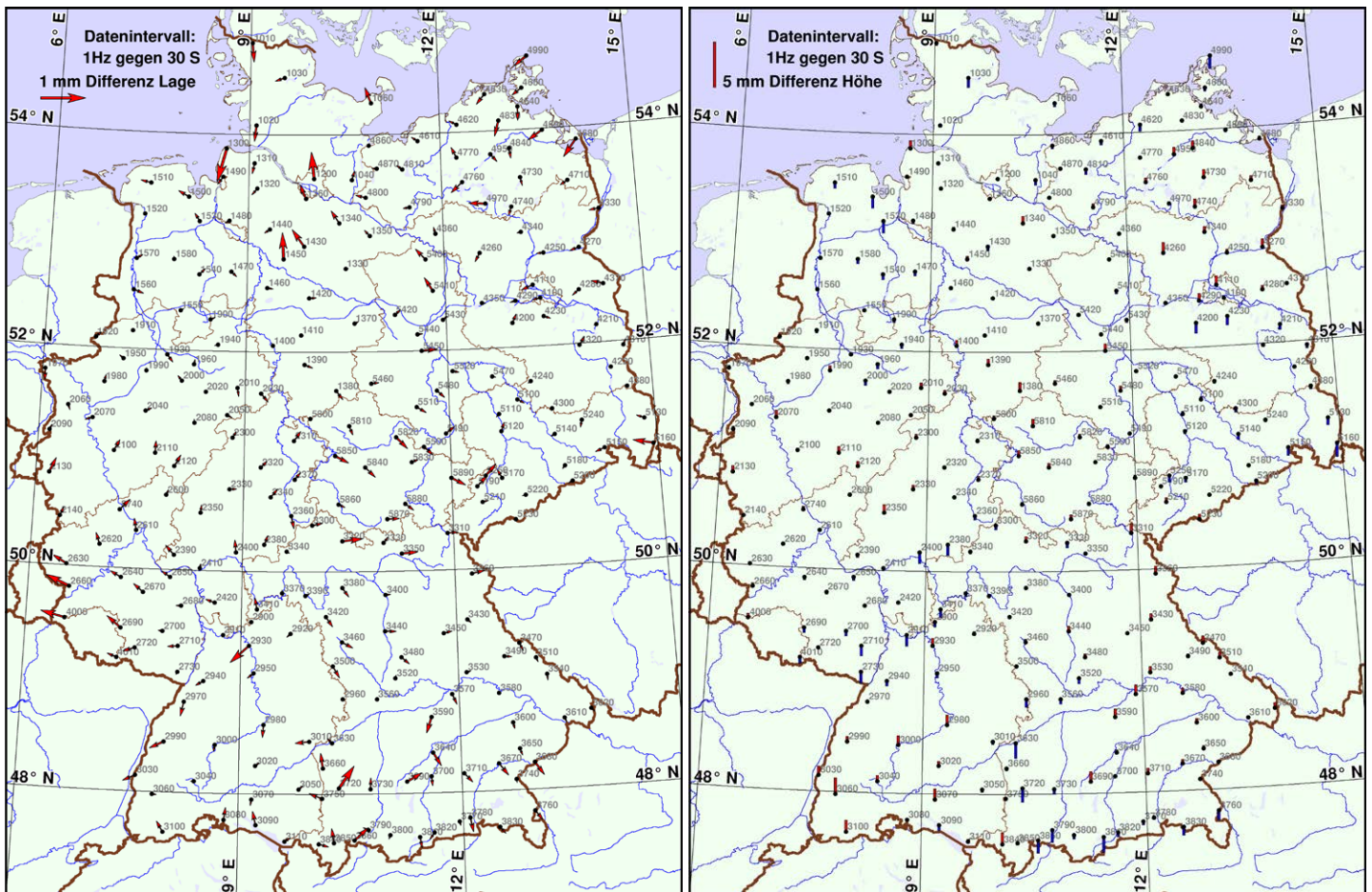


Abb. 6: Differenzen zwischen den zwangsfreien Lösungen des GGP-Netzes mit 1 Hz und 30-Sekunden-Daten. Die Differenzen liegen unter 1 mm für die Lage (links) bzw. unter 2 mm für die Höhe (rechts).

aufgezeichneten Datenmenge führte. Andererseits war während des Beobachtungszeitraums die Anzahl der zum Empfang stehenden GLONASS-Satelliten gering.

## 5 Netzlösung des BKG

In der abschließenden Phase der Auswertung standen insgesamt die Daten von 601 Stationen zur Verfügung (Abb. 2). Die Auswertung erfolgte mit 1 Hz-Daten nach den in der Abb. 3 dargestellten Rechenschritten.

Für die Datenregistrierung wurde eine Vielfalt von Empfänger- (30) und Antennentypen (52) benutzt. Zum Teil waren sehr alte Empfänger (Trimble 4000SSE/4000SPP

und Geotracer2200) und Antennen (TRM14532.00) im Einsatz. Die Vielfalt von Radome-Typen der Antennen war ein weiteres hervorzuhebendes Merkmal der Ausrüstungen (Tab. 2).

In der Regel liegen die gelösten Phasenmehrdeutigkeiten über 90 %. Die Basislinien bis zu 1.000 km konnten mit einem RMS zwischen 0,5 und 1,5 mm berechnet werden. Die geschätzten Koordinaten der Lösung BKG06 (601 Stationen) wurden zur Qualitätskontrolle durch eine 3D-Helmert-Transformation der GGN-Lösung des BKG (250 Stationen) gegenübergestellt. Die Restklaffungen der horizontalen und vertikalen Koordinaten liegen deutlich unter einem Millimeter. Die Standardabweichung beträgt 0,4 mm für die Nord- und Ost-Komponente und deutet auf eine gute Übereinstimmung zwischen den Lösungen beider Netze hin.

Die beiden vollständigen freien individuellen Lösungen von BKG (BKG06) und LGLN (DHHZ2) wurden mit über 600 identischen Punkten durch 3D-Helmert-Transformation miteinander verglichen, da die Station MATE in Italien nur vom BKG ausgewertet wurde. Trotz unterschiedlicher Methode für die Parameterschätzung der bei der Datenauswertung eingesetzten Software des BKG und des LGLN zeigen die erzielten Koordinatenwerte der Stationen im Allgemeinen geringe Abweichungen (Abb. 7). Die Restklaffungen liegen überwiegend unter 3 mm. Eine Ausnahme bildet hier die Station 0717 FEHMARN mit einer Abweichung von ca. 7 mm für

Tab. 2: Auflistung der verwendeten Empfänger- und Antennentypen

	AOA (Rogue)	Ashtech	JPS/JNS	Leica	Spectra Precision	Trimble
Empfänger- typen	3	3	8	8	1	7
Antennen- typen	5	10	6	8	2	21



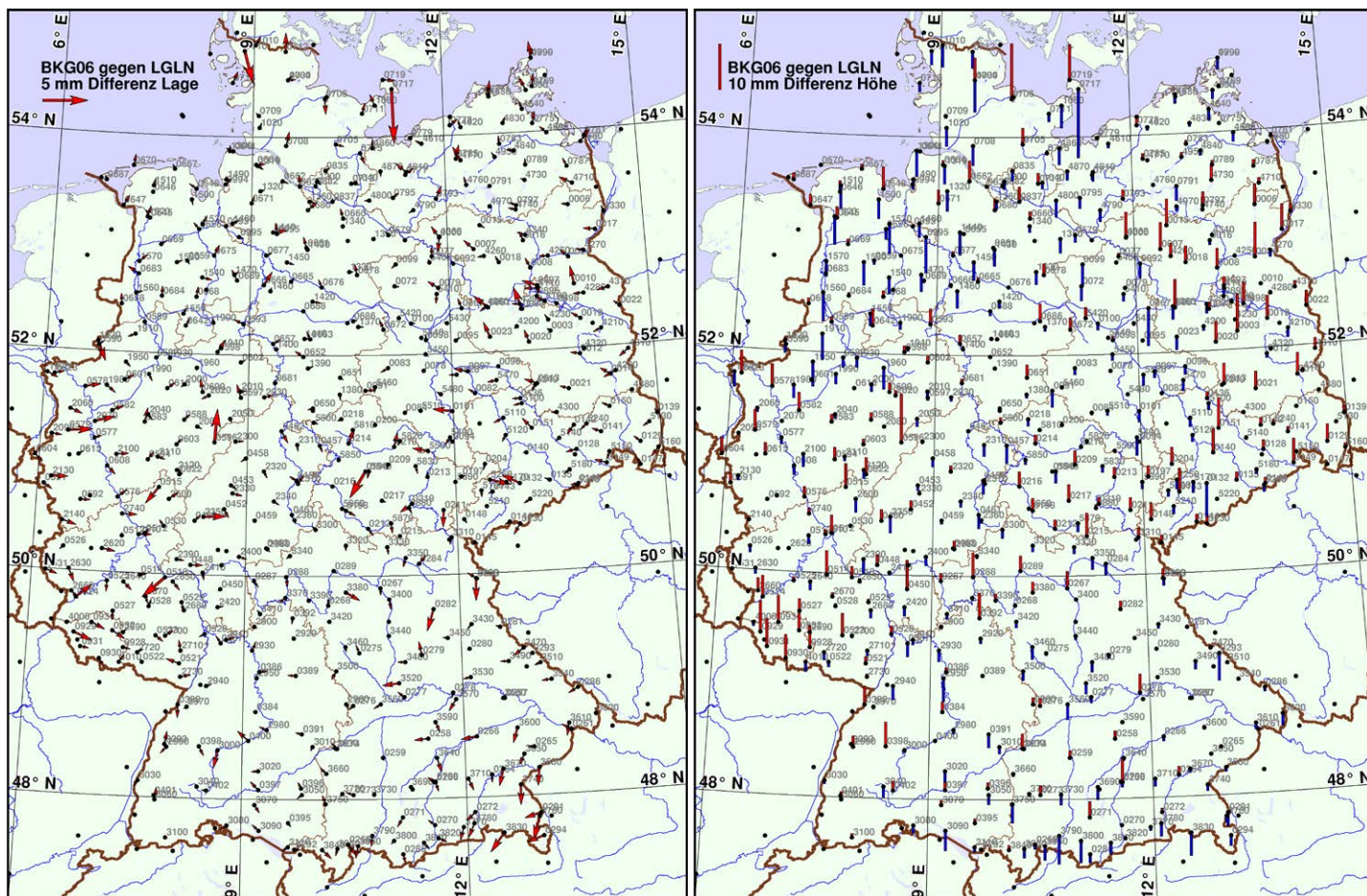


Abb. 7: Der Vergleich der BKG- (BKG06) und LGLN-Lösungen (DHHZ2) über Helmert-Transformation deutet auf eine gute Übereinstimmung für die Lage- und Höhenkomponente hin. Die Restklaffungen für die Horizontalkomponente der Koordinaten liegen überwiegend unter 3 mm (links). Die Standardabweichung der Restklaffungen für die Höhen (negative Werte in Blau, positive in Rot) liegt um 2,9 mm.

die Horizontalkomponente der Koordinaten. Wird die Station FEHMARN ausgeschlossen, beträgt die Standardabweichung der Restklaffungen für die Nord- und Ost-Komponente 0,8 mm. Die Stationen, deren Restklaffung für die Höhe größer als 10 mm ist, sind die Stationen 0717 FEHMARN (17 mm), 0067 GENTHIN (10 mm), 0706 KIEL (11 mm) und DIENTEN (14 mm). Die Standardabweichung der Höhenkomponente beträgt 2,9 mm.

## 6 Kampagnenlösung

Die endgültige Kampagnenlösung im IGS05 entstand durch die Kombination beider freien individuellen Netzberechnungen des BKG und LGLN über die Varianzkomponentenschätzung, die bei der Rechenstelle LGLN durchgeführt wurde. Somit sind die geschätzten Koordinaten der DHHN-GNSS-Kampagne in der kombinierten Form beider Lösungen der Rechenstellen im IGS05 in der Epoche 2008,459 gegeben. Zur Überführung der ge-

schätzten Koordinaten ins ETRS89/DREF91, Realisierung des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland (Lindstrot 1999), ist ein zusätzlicher Schritt zur Koordinatenkonvertierung vom IGS05 (Ferland 2006) ins ITRF2005 (Altamimi et al. 2007) notwendig, da lediglich die Transformationsparameter zwischen den Realisierungen ITRF2005 und ETRF2000 bzw. ETRS89 bekannt sind (Boucher und Altamimi 2011). Für die Konvertierung der Koordinaten zwischen den Realisierungen IGS05 und ITRF2005 wurden 20 Stationen von IGS-, ITRF- und EPN-Netzen (European Permanent GNSS Network) ausgewählt (Abb. 2). Danach wurden die Koordinaten mit Einführung von bekannten Transformationsparametern von Boucher und Altamimi vom ITRF2005 ins ETRF2000 konvertiert (Boucher und Altamimi 2011).

Schließlich erfolgte die Überführung der Koordinaten vom ETRF2000 in die vor der DHHN2008-Kampagne gültige Realisierung des ETRS89/DREF91 (Realisierung 2002) durch die drei Rotationen um die X-, Y- und Z-Achsen um das Geozentrum, wobei ein maximaler Grenzwert für die erhaltenen Restklaffungen der Stationen festgelegt wurde. Der maximale Grenzwert betrug 10 mm für die Lage und 15 mm für die Höhe. Nach der Eliminierung von 63 Stationen, deren Restklaffungen die festgelegten Grenzwerte überschritten hatten, wurde die erwähnte Transformation mit Hilfe von verbliebenen 209 (insgesamt 272 Punkte) identischen Stationen nochmals durchgeführt (Abb. 8). Der RMS der endgültigen Koordinatentransformation vom ETRF2000 in die Realisierung



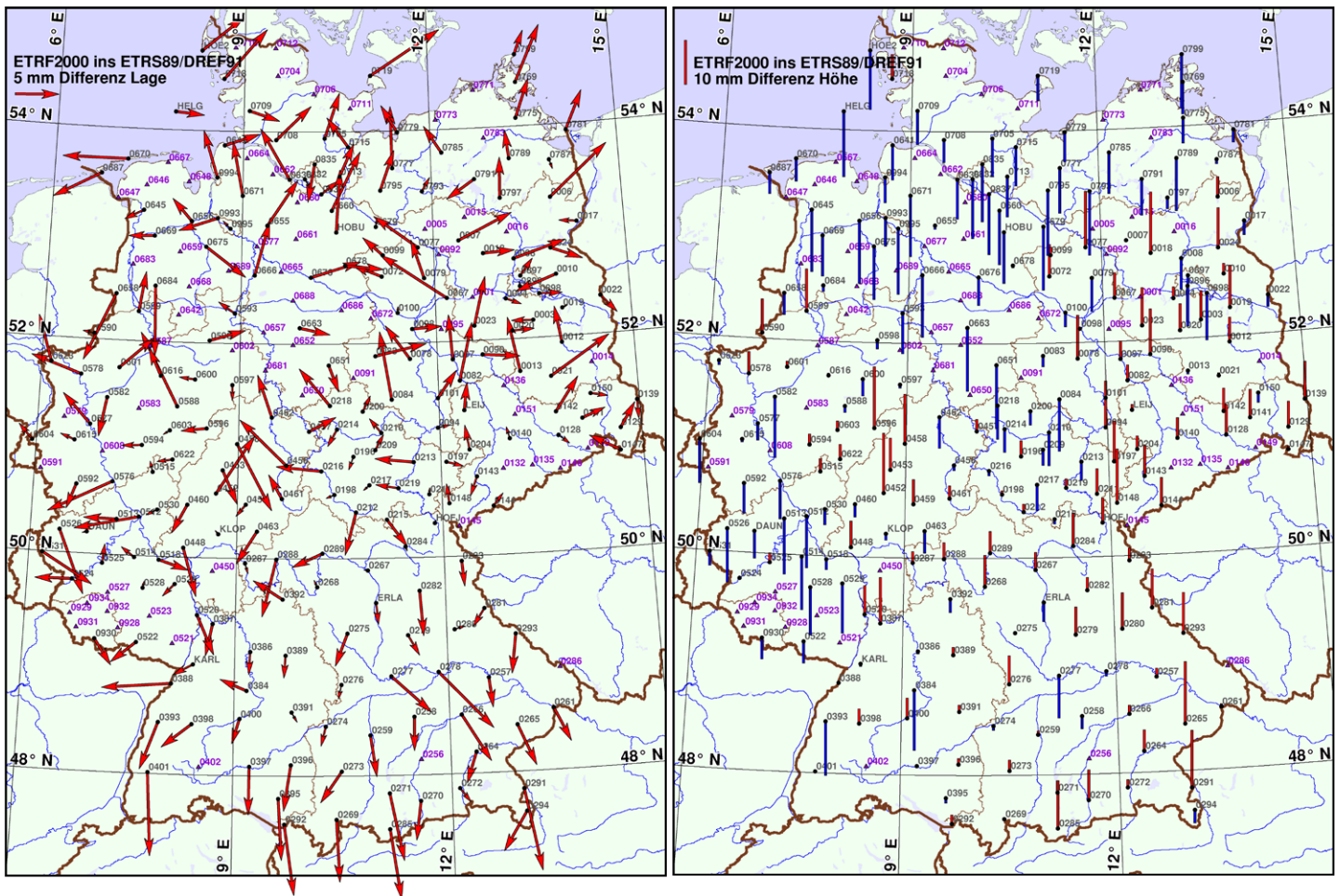


Abb. 8: Restklaffungen nach der Überführung der Stationskoordinaten vom ETRF2000 in die Realisierung 2002 des ETRS89/DREF91. Die Punkte in Violett (63) wurden aufgrund der Überschreitung des festgelegten Grenzwertes für die Lage oder Höhe aus der Koordinatentransformation ausgeschlossen.

2016 des ETRS89/DREF91 beträgt 5 mm. Nach der Transformation liegt die Standardabweichung der Restklaffungen um 4,6 mm für die Lage und 7,3 mm für die Höhe (Feldmann-Westendorff et al. 2016).

Das Plenum der AdV hat am 21. September 2016 beschlossen, zum 1. Dezember 2016 die geschätzten Koordinaten der GNSS-Auswertung als eine neue Realisierung des Europäischen Terrestrischen Referenzsystems in Deutschland (ETRS89/DREF91) einzuführen und damit die bisherige Realisierung von 2002 (Altiner 2005) zu ersetzen.

## Literatur

- Altamimi, Z., Collilieux, X., Legrand, J., Garayt, B., Boucher, C. (2007): ITRF2005: A new release of the International Terrestrial Reference Frame based on time series of station positions and Earth Orientation Parameters. In: J. Geophys. Res., Vol. 112, B09401, pp. 19, DOI 10.1029/2007JB004949.
- Altiner, Y. (1999): Analytical Surface Deformation Theory for Detection of the Earth's Crust Movements. Springer, Berlin, New York, S. 100.
- Altiner, Y. (2005): Diagnoseausgleichung SAPOS®: Integration von SAPOS®-Stationen in internationale Netze. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 4/2005, 130. Jg., S. 209–217.

- Boucher, C., Altamimi, Z. (2011): <http://etrs89.ensg.ign.fr/memo-V8.pdf>, letzter Zugriff 10/2017.
- Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P., Meindl, M. (2007): Bernese GNSS Software Version 5.0. Astronomisches Institut der Universität Bern, Bern.
- Heckmann, B., Berg, G., Heitmann, S., Jahn, C.-H., Klausner, B., Liebsch, G., Liebsch, R. (2015): Der bundeseinheitliche geodätische Raumbezug – integriert und qualitätsgesichert. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 3/2015, 140. Jg., S. 180–184. DOI 10.12902/zfv-0069-2015.
- Feldmann-Westendorff, U. (†), Liebsch, G., Sacher, M., Müller, J., Jahn, C.-H., Klein, W., Liebig, A., Westphal, K. (2016): Das Projekt zur Erneuerung des DHHN: Ein Meilenstein zur Realisierung des integrierten Raumbezugs in Deutschland. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 5/2016, 141. Jg., S. 354–367. DOI 10.12902/zfv-0140-2016.
- Ferland, R. (2006): <https://lists.igs.org/pipermail/igsmail/2006/006818.html>, letzter Zugriff 10/2017.
- Heitz, S. (1988): Coordinates in Geodesy. Springer, Berlin, New York, S. 255.
- Lindström, W. (1999): Das Deutsche Referenznetz 1991 – DREF 91. Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Band 9, Frankfurt am Main.
- Lyard, F., Lefevre, F., Letellier, T., Francis, O. (2006): Modelling the global ocean tides: modern insights from FES2004. Ocean Dynamics (2006) 56: S. 394–415, DOI 10.1007/s10236-006-0086-x.
- Rieken, J., Kurtenbach, E. (2017): Der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung – SAPOS®. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 5/2017, 142. Jg., S. 293–300. DOI 10.12902/zfv-0180-2017.
- Wanninger, L. (2017): [www.wasoft.de/index.html](http://www.wasoft.de/index.html), letzter Zugriff 10/2017.

## Kontakt

Dr. Yüksel Altiner  
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Referat G 2  
Richard-Strauss-Allee 11, 60598 Frankfurt am Main  
[yueksel.altiner@bkg.bund.de](mailto:yueksel.altiner@bkg.bund.de)

James Perlt war am BKG von 2005 bis 2013 beschäftigt.

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter [www.geodaesie.info](http://www.geodaesie.info).